



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 36 169 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 B 11/16
G 01 H 9/00
G 01 J 9/02
G 02 B 27/48
// G 06 T 7/00, G 01 M
7/00

⑲ Aktenzeichen: 197 36 169.2
⑳ Anmeldetag: 20. 8. 97
㉑ Offenlegungstag: 15. 4. 99

DE 197 36 169 A 1

⑦① Anmelder:
FHU Hochschule für Technik, 89075 Ulm, DE

⑦② Erfinder:
Lau, Bernhard, Prof. Dr., 89275 Elchingen, DE;
Petrov, Valery, Dipl.-Ing., 89075 Ulm, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Verformungs- oder Schwingungsmessung mittels elektronischer Speckle-Pattern-Interferometrie

⑤⑦ Zur zerstörungsfreien Prüfung von Werkstoffen und Produkten ist die elektronische Speckle-Pattern-Interferometrie (ESPI) als berührungsloses Verfahren hervorragend geeignet. Zur Messung von Verformungen oder Schwingungen in der Ebene des Prüflings gibt es das Verfahren der "In-plane"-Speckle-Interferometrie. "In-plane"-Speckle-Interferometer herkömmlicher Bauart erfordern teure optische Komponenten, deren Justierung schwierig und zeitraubend ist. Die Empfindlichkeit des Meßverfahrens läßt sich prinzipiell an die jeweiligen Anforderungen des Prüflings anpassen, dies ist aber mit dem bisher eingesetzten Verfahren schwierig, zeitraubend und nur in bestimmten Grenzen möglich. Statt der herkömmlich verwendeten Beleuchtungswellen mit glatter Wellenfront (z. B. ebene Wellen) wird der Prüfling mit diffusen Wellenfeldern beleuchtet. Statt aufwendiger und teurer hochwertiger Linsensysteme werden nur ein Strahlteiler, Umlenkspiegel und Diffusoren benötigt, die allesamt keine hohe optische Qualität aufweisen müssen. Die Justierung des optischen Aufbaus geschieht vor dem Einsetzen der Diffusoren mit dem unaufgeweiteten Laserstrahl und ist sehr einfach und schnell zu bewerkstelligen. Der Winkel zwischen den beleuchtenden Wellenfeldern läßt sich einfach und schnell an die jeweiligen Anforderungen des Prüflings anpassen. Die Erfindung kann u. a. in der Elektronikindustrie bei der Entwicklung und Qualitätsprüfung elektronischer Bauteile und Platinen eingesetzt werden.

DE 197 36 169 A 1

Beschreibung

Vorgestellt wird ein Verfahren zur Verformungs- oder Schwingungsmessung mittels elektronischer Speckle-Pattern-Interferometrie (ESPI), das auf Verformungen oder Schwingungen in der Ebene des Prüflings anspricht ("in-plane"-Speckle-Interferometrie). Dazu wird der Prüfling symmetrisch mit zwei kohärenten diffusen Wellenfeldern unter einem bestimmten Winkel beleuchtet (Abb. 1). Die kohärenten diffusen Wellenfelder werden mit Laserstrahlung unter Verwendung von streuenden Elementen, d. h. reflektierenden oder transluzenten Mattscheiben oder holographisch-optischen Elementen (HOE's) erzeugt. Das vom Objekt erzeugte Specklemuster wird mit einer Videokamera aufgenommen, wobei das Specklemuster vor und nach der Verformung registriert wird. Durch Auswertung dieser Specklemuster mittels Bildverarbeitung kann die Verformungs- oder Schwingungskomponente des Prüflings in der Ebene der beiden Beleuchtungsquellen berechnet werden. Hierzu werden vom unverformten und vom verformten Zustand des Prüflings (bzw. von zwei verschiedenen Schwingungszuständen) jeweils mehrere Speckle-Bilder mit unterschiedlicher Phasenlage einer der beiden Beleuchtungsquellen eingelesen und ausgewertet (Phasenschritt-Verfahren). Eine andere Möglichkeit einer qualitativen Auswertung ist die Berechnung und bildliche Darstellung der Speckle-Korrelation je eines Specklebildes vom unverformten und vom verformten Zustand (bzw. von zwei verschiedenen Schwingungszuständen).

Ein bisher eingesetztes Verfahren bestimmt diese Verformungs- oder Schwingungskomponente durch Beleuchtung des Prüflings mit zwei kohärenten ebenen oder schwach gekrümmten sphärischen Wellen. Zur Erzeugung dieser Wellen wird üblicherweise ein aufgeweitetes nahezu paralleles Laserstrahlbündel, wie es beispielsweise von einem Helium-Neon-Laser abgegeben wird, mittels eines Strahlteilers in zwei Teilstrahlen aufgeteilt, die mit Spiegeln symmetrisch unter einen geeigneten Winkel auf das Objekt gelenkt werden. Sie werden mit Linsensystemen aufgeweitet, um das Objekt auszuleuchten. Die Justierung eines solchen optischen Aufbaus ist schwierig und zeitraubend, insbesondere wenn Raumfilter in den Strahlengängen sind, und die benötigten Linsensysteme sind teuer. Der Winkel zwischen den beleuchtenden Wellenfeldern bestimmt die Empfindlichkeit des Meßverfahrens; seine Anpassung an die jeweiligen Anforderungen des Prüflings ist mit dem bisher eingesetzten Verfahren schwierig, zeitraubend und nur in bestimmten Grenzen möglich. Eine Änderung dieses Winkels ist praktisch mit einer Neujustierung des kompletten optischen Strahlengangs verbunden.

Bei dem vorliegenden Verfahren werden nur ein Strahlteiler, Umlenkspiegel und Diffusoren benötigt, die allesamt keine hohe optische Qualität aufweisen müssen. HOE's als Diffusoren lassen sich relativ einfach herstellen. Die Justierung des optischen Aufbaus geschieht von dem Einsetzen der Diffusoren mit dem aufgeweiteten Laserstrahl und ist sehr einfach und schnell zu bewerkstelligen. Der Winkel zwischen den beleuchtenden Wellenfeldern läßt sich einfach und schnell an die jeweiligen Anforderungen des Prüflings anpassen. Diese Vorteile lassen sich nur durch den Einsatz von Diffusoren anstelle von Strahlaufweitungsoptiken erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verformungs- oder Schwingungsmessung mittels elektronischer Speckle-Pattern-Interferometrie (ESPI), das auf Verformungen oder Schwin-

gungen in der Ebene des Prüflings anspricht ("in-plane"-Speckle-Interferometer), dadurch gekennzeichnet, daß zur Beleuchtung des Prüflings diffuse kohärente Wellenfelder angewandt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die diffusen kohärenten Wellenfelder mittels Strahlteilung aus einem unaufgeweiteten nahezu parallelen oder leicht konvergenten Laserstrahlbündel erzeugt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die diffusen kohärenten Wellenfelder durch diffus streuende, reflektierende, brechende oder beugende optische Elemente (allgemein als Diffusoren bezeichnet) erzeugt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß reflektierende oder transluzente Diffusoren verwendet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusoren als reflektierende oder transmittierende holographisch-optische Elemente ausgeführt sein können.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswertung der Verformung oder Schwingung des Prüflings mittels Videokamera und Bildverarbeitung ein Phasenschritt- oder Speckle-Korrelationsverfahren angewandt wird.

7. Anordnung zur Verformungs- oder Schwingungsmessung mittels elektronischer Speckle-Pattern-Interferometrie (ESPI), das auf Verformungen oder Schwingungen in der Ebene des Prüflings anspricht ("in-plane"-Speckle-Interferometer) (Abb. 2), zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Beleuchtung des Prüflings (1) diffuse kohärente Wellenfelder (2, 3) angewandt werden.

8. Anordnung nach Anspruch 7 (Abb. 2), dadurch gekennzeichnet, daß die diffusen kohärenten Wellenfelder mittels Strahlteilung (4) aus einem unaufgeweiteten nahezu parallelen Laserstrahlbündel (5) erzeugt werden.

9. Anordnung nach Anspruch 7 und 8 (Abb. 2), dadurch gekennzeichnet, daß die diffusen kohärenten Wellenfelder mittels diffus streuender, reflektierender, brechender oder beugender optischer Elemente (allgemein als Diffusoren bezeichnet) (6, 7) erzeugt werden.

10. Anordnung nach Anspruch 7 bis 10 (Abb. 2), dadurch gekennzeichnet, daß transluzente (als Beispiel 6) oder reflektierende (als Beispiel 7) Diffusoren verwendet werden.

11. Anordnung nach Anspruch 7 bis 10 (Abb. 2), dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusoren (6, 7) auch als holographisch-optische Elemente ausgeführt sein können.

12. Anordnung nach Anspruch 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswertung der Verformung oder Schwingung des Prüflings mittels Videokamera und Bildverarbeitung (8) ein Phasenschritt- oder Speckle-Korrelationsverfahren angewandt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

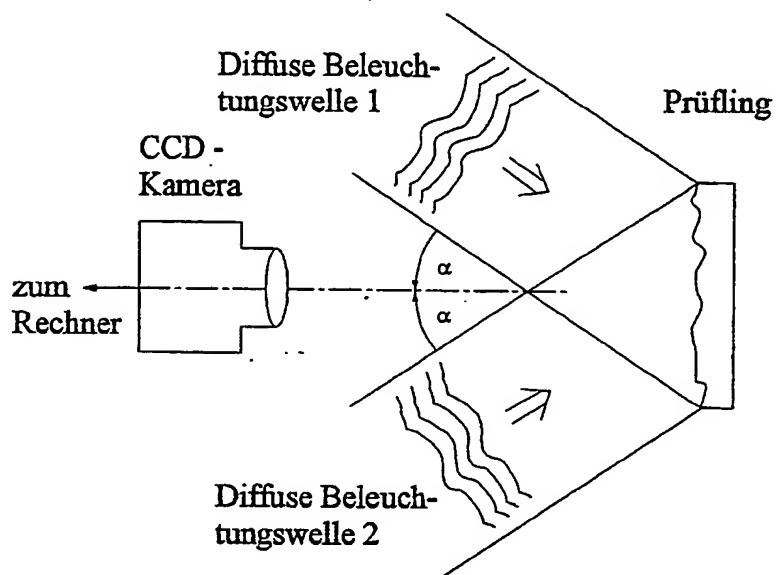


Abb. 1

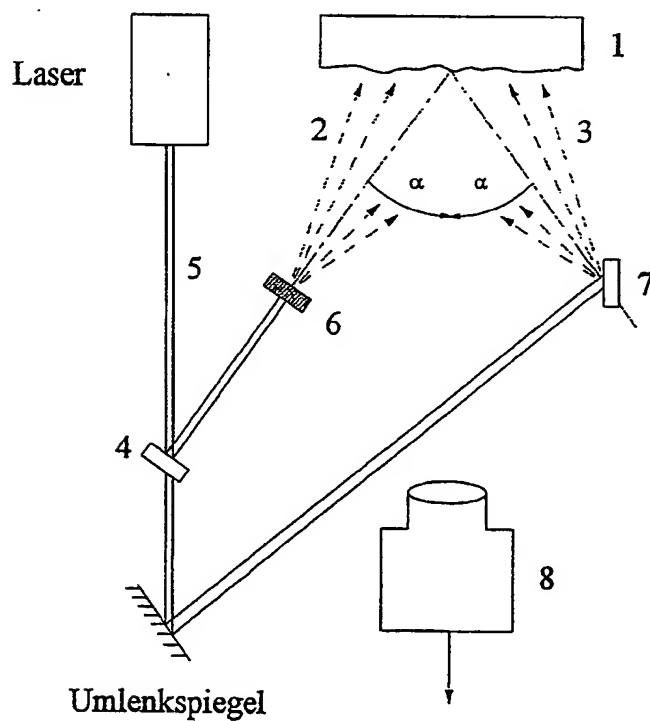


Abb. 2